

УДК 628.8

В.В.ГРАНКИНА, канд. техн. наук

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С ИНФРАКРАСНЫМИ ОБОГРЕВАТЕЛЯМИ**

Рассматривается применение основных программ моделирования инфракрасных обогревателей для отопления замкнутых помещений большого пространства.

Использование инфракрасных обогревателей дает альтернативу тепловой энергии в современных системах отопления для больших помещений.

Тепловой режим помещения при конвективном отоплении характеризуется неравномерным распределением тепловой энергии в объеме помещения (особенно по его высоте) и необходимостью поддержания на достаточно высоком уровне температуры воздуха (18-20 °С), которая теряется при вентиляции помещения и приводит к значительным потерям теплоты. Основным недостатком помещений большой высоты является то, что температура верхней зоны превышает температуру рабочей зоны на 10-15 °С. Потери в таких помещениях обычно связаны с потерями тепла посредством вентиляции, а также через ограждающие конструкции помещения.

В современных производственных зданиях в процессе эксплуатации технологического оборудования, расположенного в рабочей зоне и выше при применении конвективной системы отопления нагревается весь объем воздуха в помещении, что приводит к значительным затратам тепловой энергии. Поэтому перспективными системами отопления для замкнутых пространств большого объема являются системы, которые работают по принципу радиационного теплопереноса при формировании теплового режима помещения.

Радиационное отопление имеет ряд преимуществ. Открывается возможность создания комфортного теплового режима путем автоматического подвода лучевой теплоты непосредственно к поверхности тела человека или до определенной зоны помещения, поддерживая при этом более низкую температуру, что позволяет значительно уменьшить теплопотери помещения (особенно большого объема) через наружные ограждения и при вентиляции в сравнении с аналогичными теплопотерями при конвективном отоплении.

Применяя инфракрасные обогреватели, важно знать распределение внутренних температур в помещении включая одновременный эффект радиационного и конвекционного способов передачи тепла. Действительная (внутренняя) температура – это параметр, который

используют обычно для оценки теплового комфорта помещения. Для оценки радиационного нагревания пространства в настоящее время используют инструментальные средства для моделирования, основанные на расчете интенсивности радиации, которые позволяют моделировать объект. Но эти расчеты далеки от оптимального решения.

Оптимальное проектное решение может быть основано на модели, которая может описать точно внутреннюю среду и оценить тепловой комфорт с учетом действительной температуры.

В настоящее время проблема состоит в том, чтобы сбалансировать детали математической модели и обеспечить точность входных данных (описание граничных условий) и требуемую точность выходных данных [1].

При моделировании инфракрасных обогревателей проблема состоит в одновременном рассмотрении интенсивности радиации и конвекции греющих поверхностей [2, 3]. Инструменты моделирования должны включать не только направление радиации от источника высокой температуры (обычно инфракрасные обогреватели), но также и радиацию от вторичных источников (например, стены, пол). Второй проблемой является моделирование воздушного потока. Самые простые модели описывают действительное состояние среды в двухмерных и трехмерных моделях, наиболее сложные основаны на четырехмерных описаниях действительного состояния (пространство и время). Необходимо иметь следующие исходные данные для расчета: назначение здания, местоположение, используемые строительные материалы, параметры окружающей среды.

Научный подход к обеспечению теплового комфорта в помещении затруднен сложностью решения расчетной задачи, поэтому для решения алгоритма необходимо применение персонального компьютера. Данный этап требует комплексного подхода. Для построения радиационного поля необходимо знать систему обогрева помещения, местоположение и тип окон, функцию температуры различных поверхностей, действительную температуру, тепловые параметры комфорта. Также для обеспечения комплексного подхода необходимо прогнозирование радиационного поля в проектируемом здании. Радиационное поле переводят в тепловые параметры комфорта, такие как радиационные и действительные температуры, являющиеся функцией температуры поверхностей комнаты, а также учитывают размещение окон, их тип и систему обогрева помещения. Решение данной проблемы проходит этапы от расчета типичных задач к сложным расчетам вычисления распределения энергии.

В настоящее время существуют различные методики для расчета

систем отопления для поддержания комфортной температуры воздуха, но они не дают возможности эффективного проектирования инфракрасной радиационной системы обогрева.

Рассмотрим существующие методики расчета комфортных систем обогрева помещения, используемые при моделировании.

В Великобритании и Шотландии разработана программа ESP-r [2], позволяющая моделировать энергию и потоки жидкости в пределах рассматриваемого помещения. Программа включает следующие расчетные модули: модуль программы, например база данных климата; модуль управления – база данных профилей; модуль управления – компоненты здания; модуль анализа – результаты; модуль факторов – факторы воздействия.

Модуль факторов позволяет рассчитать факторы, влияющие на каждую зону поверхности помещения, главным образом радиационную функцию, она рассматривается как функция в пространстве и вектор радиационной температуры. Каждый количественный вектор дает информацию об асимметрии радиации в комнате. Результаты модуля анализа позволяют визуально и в числовом виде проследить интерпретацию результатов. Недостатком данной программы является то, что невозможно иметь графическое представление данных об основных радиационных температурах. Данная методология имеет неустойчивый алгоритм, использует различные тепловые условия комфорта, учитывая внутренние и наружные воздействия.

В Словении (университет в Любляне) разработан алгоритм расчета, основанный на определении факторов влияния, использующих совокупность свойств [2]. Этот алгоритм позволяет рассчитать основную радиационную температуру для сложной конфигурации помещения, при учете влияния различных факторов воздействия. Подход на основе матрицы позволяет определить эффект различных параметров на основную радиационную температуру, а также на тепловой комфорт или дискомфорт в помещении. Такой подход позволяет рассмотреть влияние и других параметров (температурного градиента воздуха, скорости воздуха и т.д.). Этим методом можно определять влияние тепловых характеристик (температуры, геометрические параметры) на основную радиационную температуру, как состояния среды. Одна из наиболее интересных возможностей – моделирование основной радиационной температуры при различном воздействии наружных температур, создающих различные поверхностные температуры на строительных конструкциях с учетом работы системы отопления. Влияние постоянно изменяющихся параметров компенсируется температурой, поддерживаемой системой обогрева помещения. Данный метод дает

лучшую визуальную интерпретацию результатов, возможность определить правильное взаимодействие между отопительной системой и конструкцией здания.

В Германии в Рурском университете в Бохуме разработана математическая модель, которая позволяет оптимизировать положение источника тепла, чтобы дать оптимальный тепловой комфорт помещению [2]. Критерием теплового комфорта принята внутренняя температура помещения. Такая модель позволяет моделировать различные тепловые системы (с источником инфракрасного излучения, с отопительными приборами, отопительными панелями), рассчитать поверхностные температуры, потребленную энергию, тепловой комфорт помещения. Результаты работы данной модели могут быть представлены в числовой форме, а также в виде графической карты для лучшей визуальной интерпретации внутренней температуры помещения.

В Чешской республике разработана профессиональная программа для радиационных систем отопления, созданная с участием технического университета в Праге [2]. Физическая модель описывает установленные инфракрасные обогреватели в больших замкнутых пространствах. По расположению обогревателей программа позволяет, создать диаграммы распределения действительной (внутренней) температуры и интенсивности радиационного тепла в определенный момент, также проводить вычисления оценки потребленной энергии, потери тепла, связанные с ограждающими конструкциям здания, оценочные затраты. Программа дает возможность оптимизации размещения инфракрасных обогревателей, определения их количества, прогнозирует тепловой комфорт помещения на рабочем месте.

В США используется программа ВСАР для облегчения проектирования теплового комфорта помещения [2]. Данная программа включает: прогнозирование объединенного эффекта от радиации, конвекции, а также поверхности нагрева и попадания инфильтрационного воздуха в отапливаемые помещения; дает описание распределения комфорта для людей посредством диаграммы; моделирует объекты помещения, такие как мебель и учитывает их влияние на комфорт посредством диаграммы распределения, прогнозирует оптимальное размещение инфракрасных обогревателей внутри помещения; позволяет вычислять основную радиационную температуру, действительную температуру, поверхностную температуру. Такая методология проекта имеет мощный алгоритм, в который включена оценка тепловых комфортных условий соответственно влияния внутренних и наружных факторов.

Если рассмотреть применение моделирования на примере про-

мышленного цеха, то проблема моделирования состоит в исследовании внутреннего климата и в прогнозировании потребляемой энергии при обогреве помещения инфракрасными обогревателями.

Рассмотрим промышленный цех, размер которого составляет  $10 \times 20 \times 8$  м<sup>3</sup>. Инфракрасные обогреватели размещены в центре цеха, продолжительность работы в цехе – с 8 ч утра до 16 ч дня. Требуемая минимальная внутренняя температура в рабочей зоне 18 °С. Оценка требуемых параметров, таких как потребленная энергия, параметры комфорта помещения предусматривает проектное решение по установке обогревателей. Моделирование выполнено на основе чешской модели для описания внутреннего климата помещения, использована внутренняя температура помещения и греющий поток. Для описания потребляемой энергии, которая зависит от изменения во времени основной радиационной температуры в течение неустойчивого нагрева использована Британская и Шотландская модель ESP-г. Чешская модель позволяет найти оптимальный размер и положение газового обогревателя. В данном случае использовался обогреватель мощностью 36,1 кВт, который расположен в центре зала в 8 м от пола. Для определения эффективного расположения инфракрасного обогревателя в проблемной зоне использована модель ESP-г для темного излучающего тепло тела. Поверхность температуры нагревателя в течение его работы изменялась в диапазоне от 200 до 400 °С, средняя поверхностная температура составляла 350 °С. В модели были описаны слои и конструкционные свойства панелей. Графическая схема промышленного цеха с инфракрасными обогревателями представлена на рис.1.

Внутренняя температура в будние дни была установлена 18 °С с 8 ч утра до 16 ч дня, в остальное время ставилась задача экономии потребления энергии и поддержания теплового комфорта в течение заданного времени. В цеху по оси были размещены три датчика. Первый датчик размещен немного ниже обогревателя, второй – ниже на 2,5 м от оси обогревателя, третий – на 3-7,5 м ниже от оси нагревателя. Результаты по поддержанию внутренней температуры в течение суток представлены на рис.2.

Для определения эффективного расположения инфракрасных обогревателей в рабочей зоне использовали модель ESP-г. Результаты расчетов приведены на диаграмме (рис.3).

Система, основанная на инфракрасных обогревателях, дает возможность местного обогрева определенных рабочих зон. Для обеспечения комфортных условий при проектировании использована модель Nefastos, позволяющая обеспечить описание диапазонов температурного распределения на плане цеха в рабочей зоне, и модель ESP-г, по-

звояющая получить тепловую ситуацию с течением времени в цехе и оптимизировать действие системы обогрева .

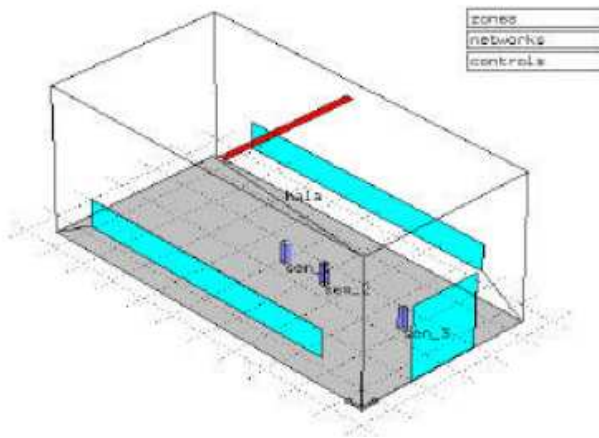


Рис.1 – Графическая схема цеха с инфракрасными обогревателями с расстановкой трех сенсоров

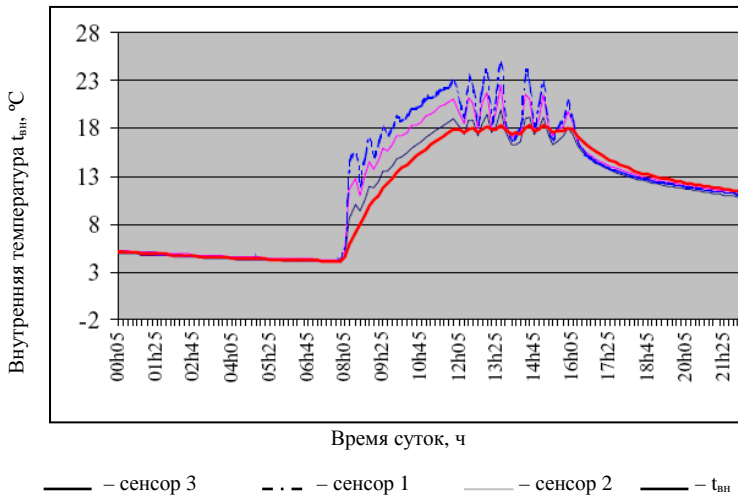


Рис.2 – Внутренняя температура цеха в различных местах в течение одного дня

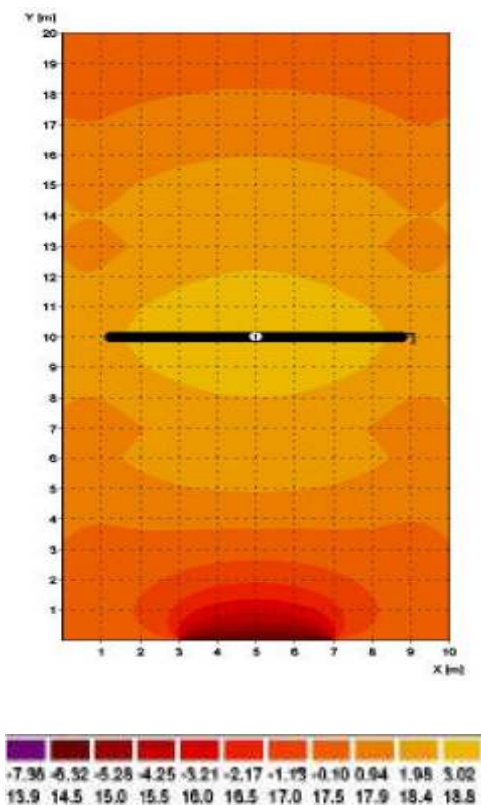


Рис. 3 – Диаграмма распределения внутренних температур и интенсивности радиации на плане цеха

Таким образом, использование современных программ для моделирования работы системы обогрева с инфракрасными обогревателями дает возможность определить неблагоприятные точки для комфорта помещения и в последующем принять решения по устранению этих недостатков, оптимизировать распределение температур в помещениях, уменьшить инвестиционные затраты и потребление энергии.

1. Clarke J.O. Energy simulation in building design, Adam Hilger Ltd, Bristol, 1985. – 232 p.

2. Karel Kabele, Zuzana Krtkova. Computer modelling of infrared radiant heating in large enclosed spaces // Energy for Buildings. – 2001. – pp.559-565.

3.Prek M. Algorithm for calculation the mean radiant temperature for composite wall surface // Energy for Buildings. – 2000. – pp.571-587.

Получено 12.02.2007

УДК 628.8

Н.В.ЛАСТОВЕЦ

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМФОРТНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ В УКРАИНЕ**

Рассматриваются особенности применения традиционного и нового климатического оборудования в Украине.

Устойчивое развитие общества влечет за собой расширение потребностей человека в комфортных условиях для работы и отдыха.

В последние годы наблюдается значительный рост рынка климатической техники в Украине, обусловленный в основном расширением рынка недвижимости, а также увеличением потребностей и возможностей отечественных потребителей, хотя по сравнению с Европой финансовые возможности украинцев все еще находятся на достаточно низком уровне.

Следует отметить, что рост рынка наблюдается не только в столице, но и в Восточном, Южном регионах страны, которые сегодня вызывают все возрастающий интерес у операторов данного сегмента. По оценкам многих специалистов [5], максимальный спрос на системы кондиционирования традиционно наблюдается в Киеве (более 50% продаж), порядка 30% приходится на юго-восточные регионы и Крым, остальные области потребляют не более 20% от общего объема продаж. Это связано как с климатическими особенностями, так и с финансово-экономической ситуацией в регионах. Например, в столице доходы населения довольно высокие, поэтому более развиты торговые сети, реализующие системы кондиционирования, в Крыму же стабильно развивается индустрия отдыха и туризма, что также ведет к повышению потребления данной продукции.

Украинские потребители при выборе климатической комфортной техники обращают внимание на стоимость и отдают предпочтение более дешевым образцам, например, китайского или корейского производства. Тем не менее, в некоторых регионах наблюдается заметное повышение потребительской заинтересованности в продукции среднего и дорогого ценовых сегментов. Пик продаж данной техники приходится на самые жаркие месяцы лета, при этом покупка зачастую оказывается незапланированной и монтируется на уже имеющиеся строи-